

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-147283

(43)Date of publication of application : 26.05.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 11-230285

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 17.08.1999

(72)Inventor : SUGITA AKIO
KANEKO AKEMASA
ITOU MIKITAKA

(30)Priority

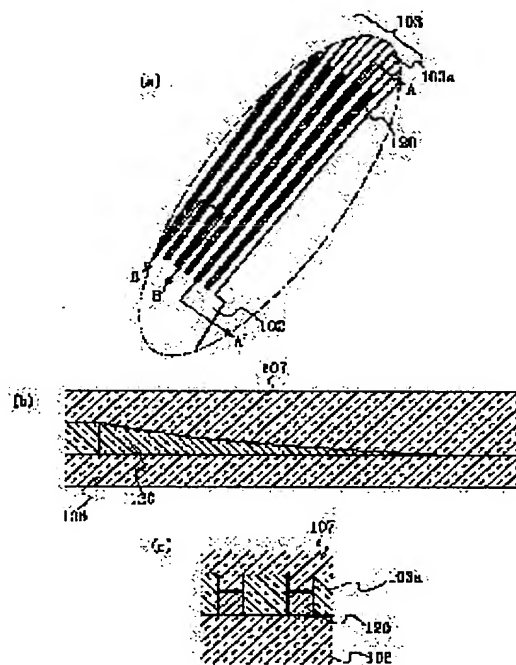
Priority number : 10248883 Priority date : 03.09.1998 Priority country : JP

(54) OPTICAL WAVEGUIDE CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the dissipation of light signals at branch points and to lessen the propagation loss of light by constituting branch type optical waveguides and disposing plural adjacent non-parallel waveguides and the specific embedment layers arranged between the respective adjacent waveguides.

SOLUTION: This optical waveguide circuit has the embedment layers 120 composed of the same material as the material of cores 103a in the regions between the adjacent cores 103a of the array waveguide 103 from an input side slab waveguide 102. The embedment layers 120 are formed by being held by a lower clad layer 106 and an upper clad layer 107 in the regions held by the adjacent cores 103a. The embedment layers 120 are so formed that the height is lower the more distant from the slab waveguide 102. The embedment layers 120 are so formed that thickness is thinner more distant from the connection point with the input side slab waveguide 102. The refractive index range of the material of the embedment layers 120 satisfies $n_c < n_g \leq n_0$ when the refractive index of the embedment layers 120 is defined as n_g , the refractive index of the cores 103a as n_0 and the refractive indices of the lower clad layer 106 and the upper clad layer 107 are defined as n_c .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.08.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2000-15409

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 28.09.2000

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-147283

(P2000-147283A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000.5.26)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

フォーマット (参考)

G 0 2 B 6/122

G 0 2 B 6/12

D

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-230285

(22) 出願日 平成11年8月17日 (1999.8.17)

(31) 優先権主張番号 特願平10-248883

(32) 優先日 平成10年9月3日 (1998.9.3)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 杉田 彰夫

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 金子 明正

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 井藤 幹隆

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064621

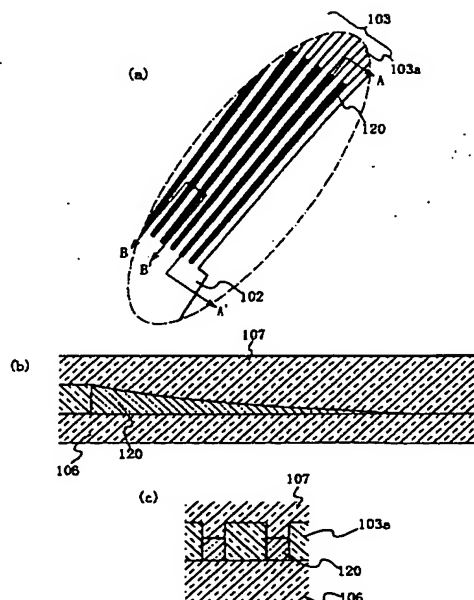
弁理士 山川 政樹

(54) 【発明の名称】 光導波回路

(57) 【要約】

【課題】 光導波回路を構成する導波路の分岐点およびこれら分岐点の周辺における、光の伝搬損失を低減する。

【解決手段】 入力側スラブ導波路102からのアレイド導波路103の隣接したコア103aの間の領域に、コア103aと同一材料から構成する埋設層120を備える。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 分岐型導波路を構成してかつ隣接した複数の非平行な導波路と、

各隣接した導波路間に配置された埋設層とを備え、

前記導波路は、コアとこのコア周囲のクラッドとから構成され、

前記埋設層は、前記隣接した導波路のコアが分岐する分岐点より前記コアの間に密接して配置され、かつ、前記分岐点より離れて前記隣接した導波路のコアの間隔が広くなるほど厚さが薄くなるように形成され、

前記埋設層の屈折率は前記クラッドの屈折率より高く、前記コアの屈折率は前記埋設層の屈折率以上であることを特徴とする光導波回路。

【請求項2】 請求項1記載の光導波回路において、前記埋設層の膜厚は、傾斜角度が 0.25° 以上 2° 以下の範囲の傾斜角度で、前記分岐点より直線的に減衰することを特徴とする光導波回路。

【請求項3】 請求項1記載の光導波回路において、前記埋設層の膜厚は、前記分岐点からの距離を L とし、スロープ形状を $\exp(-\alpha L)$ で表したとき、 α が 0.001 以上 0.004 以下の範囲で、前記分岐点より指数関数的に減衰することを特徴とする光導波回路。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載の光導波回路において、

前記導波路は、シリカガラスを主成分とする石英系ガラスから構成されたことを特徴とする光導波回路。

【請求項5】 請求項1～3のいずれか1項に記載の光導波回路において、前記導波路は、透明な有機材料から構成されていることを特徴とする光導波回路。

【請求項6】 請求項5記載の光導波回路において、前記透明な有機材料は、ポリメチルメタクリレート、重水素化ポリメタクリレート、重水素化シリコン、フッ素化ポリイミド、エポキシ樹脂のいずれかであることを特徴とする光導波回路。

【請求項7】 請求項5記載の光導波回路において、前記コアは重水素化シリコンから構成され、前記埋設層はエポキシを含む紫外線硬化樹脂から構成されたことを特徴とする光導波回路。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項に記載の光導波回路において、前記導波路は、アレイ導波路を構成していることを特徴とする光導波回路。

【請求項9】 請求項1～7のいずれか1項に記載の光導波回路において、前記導波路は、Y分岐導波路を構成していることを特徴とする光導波回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光導波回路に関

し、特に、スター型やY分岐型光導波回路のように、複数の導波路に挟まれた領域を持つ光導波回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、平面基板上に構成される光導波回路は、光合分波、光分岐、光スイッチなど様々な機能を持たせることが可能であり、実用的な光部品として期待されている。とりわけ、光合分波回路や光分岐回路は、波長多重ネットワークシステムやアクセス系ネットワークにとって重要な受動部品として期待されている。図8から図10に、上記の光分波回路の一例として石英系ガラスを用いたアレイ導波路型波長合分波回路を示す。なお、図8は、アレイ導波路型波長分波回路の平面図であり、一部を拡大して示したのが図9である。また、図9のBB'線の断面の一部が、図10に示されている。

【0003】このアレイ導波路型波長分波回路では、図8に示すように、まず、入力導波路801から入射された信号光が、入力側スラブ導波路802で展開されてアレイ導波路803へ入射される。このアレイ導波路803では、隣接する導波路間で光路長に差を設けているので、アレイ導波路803を導波して出力側スラブ導波路804に入射された信号光には、位相差が生じる。この生じた位相差のため、入射された信号光は、回折条件を満たす波長に応じ、異なる出力導波路805に集光されて分波される。

【0004】ところで、上記のアレイ導波路803では、図9および図10に示すように、それぞれのコア803aが明確に分離されている。また、アレイ導波路803と入力側スラブ導波路802や出力側スラブ導波路804との接続部分では、各コア803aの間に μm オーダーの間隔が生じている。なお、図10に示すように、コア803aは、このコア803aより屈折率の低い石英系ガラスからなる下部クラッド806と上部クラッド807とに挟まれ、光導波路を構成している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、光合分波回路や光分岐回路は、波長多重ネットワークシステムやアクセス系ネットワークにとって重要な受動部品として期待されている。そして、これら受動部品では、光信号の伝搬損失が極力低いことが重要である。しかしながら、上述した図8に示す従来のアレイ導波路型波長合分波回路では、アレイ導波路803を構成するコア803aと入力側スラブ導波路802との接続面において、各コア803aの接続間に μm オーダーの間隔が生じている。このため、入力側スラブ導波路802からアレイ導波路803へ出射される信号光の一部が、 μm オーダーの隙間から散逸していた。この散逸による信号光の伝搬損失は、損失全体の50%にもなっている。

【0006】このように、従来では、アレイ導波路型波長合分波回路などの信号光が分岐される回路では、分岐

しているコア間の隙間から信号光が散逸するため伝送損が生じてしまうという問題があった。

文献 (C. Van Dam, A. A. M. Staring, et. al., "Loss reduction for phased-array demultiplexers using a double etch technique," Integrated Photonics Research 1996 Boston, MA, Apr. 29-May 2, pp. 52-55.) では、InGaAs P系のアレイ導波路型合分波器において、スラブ導波路とアレイ導波路との境界にコアを半分だけエッチングした遷移領域を設け、信号光の伝搬損失を低減している。しかしながら、この構造では、ガラス系導波路に適用しても伝搬損失低減の効果が非常に小さい。さらに、このコアを半分だけエッチングした遷移領域を設ける技術では、回路パターンを転写するリソグラフィーにおいて、正確なマスクあわせをした上、エッチングを2回しなければならず、工程が複雑になるという欠点がある。

【0007】また、他の文献 (Jerr C. Chen and C. Dragone, "A Proposed Design for Ultralow Loss Waveguide Grating Routers," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 10, pp. 379-381, March, 1998.) では、回路構成を最適化して損失を低くできるというシミュレーションの結果が報告されているが、前述した信号光が散逸してしまう問題は残されている。

【0008】以上に示したように、一本の導波路あるいはスラブ導波路から複数本の各導波路へ信号光を分岐あるいは分波させる場合、光の損失という観点からは理想的には分岐点における各導波路間隔がゼロであることが望ましい。しかしながら、導波路を作成する工程で使用するフォトリソグラフィ技術やエッチング技術には解像度に限界があり、分岐点における各導波路(コア)の間隔は、例えばガラス系導波路では1 μ m程度ないしはこれ以上の大きさがある。この各導波路の間隔のため、従来の光導波路回路においては、光導波路の過剰導波路損失が生じるという問題があり、光導波路の分岐部あるいは分波部での低損失化が要望されている。

【0009】この発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、光導波回路を構成する導波路の分岐点およびこれら分岐点の周辺における、光の伝搬損失を低減することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明の光導波回路は、分岐型導波路を構成してかつ隣接した複数の非平行な導波路と、各隣接した導波路間に配置された埋設層とを備え、導波路は、コアとこのコア周囲のクラッドとから構成され、埋設層は、隣接した導波路のコアが分岐する分岐点よりコアの間に密接して配置され、かつ、分岐点より離れて隣接した導波路のコアの間隔が広がるほど厚さが薄くなるように形成され、そして、埋設層の屈折率はクラッドの屈折率より高く、コアの屈折率は埋設層の屈折率以上とされているものである。この発明によれば、コアの間に埋設層を備えるようにしたので、分岐

点より分岐する隣接したコア間の屈折率が、分岐点より徐々に減少する。

【0011】この、埋設層の膜厚は、傾斜角度が0.25°以上2°以下の範囲の傾斜角度で、分岐点より直線的に減衰する状態とすればよく、また、埋設層の膜厚は、分岐点からの距離を L とし、スローブ形状を $e^{-\alpha L}$ で表したとき、 α が0.001以上0.004以下の範囲で、分岐点より指数関数的に減衰する構成としてもよい。また、導波路は、シリカガラスを主成分とする石英系ガラスから構成してもよく、透明な有機材料から構成してもよい。導波路を、透明な有機材料から構成する場合、ポリメチルメタクリレート、重水素化ポリメタクリレート、重水素化シリコン、フッ素化ポリイミド、エポキシ樹脂のいずれかをを用いるようにすればよい。

【0012】また、コアを重水素化シリコンから構成し、埋設層をエポキシを含む紫外線硬化樹脂から構成してもよい。また、埋設層を備えたコアからなる導波路により、アレイ導波路が構成されていてもよく、Y分岐導波路が構成されていてもよい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施の形態を図を参照して説明する。

実施の形態1

以下、この発明の第1の実施の形態に関し、アレイ導波路型波長合分波回路に用いられる光導波回路を例にして説明する。図1(a)に示すように、この実施の形態1では、入力側スラブ導波路102からのアレイ導波路103の隣接したコア103aの間の領域に、コア103aと同一材料から構成する埋設層120を備えるようにした。この埋設層120は、隣接したコア103aに挟まれた領域において、図1(b)および図1(c)に示すように、下部クラッド層106と上部クラッド層107との挟まれて形成された状態とし、また、埋設層120の高さがスラブ導波路102から離れるほど低くなるように形成した。

【0014】なお、図1(a)は、図2に示すアレイ導波路型波長合分波回路の一点鎖線の楕円で示す領域を拡大したものである。このアレイ導波路型波長合分波回路は、入力導波路101から入射された信号光を、入力側スラブ導波路102で展開してアレイ導波路103へ入射し、このアレイ導波路103を導波させて出力側スラブ導波路104に入射させ、波長に応じて異なる出力導波路105に集光して分波する。また、図1(b)は、図1(a)のA-A'断面を示し、図1(c)は図1(a)のB-B'断面を示している。

【0015】一般に、スラブ導波路とアレイ導波路の接続部では、それぞれ電磁界分布が異なっている。この電磁界分布の違いのため、従来の光導波回路では、スラブ導波路からアレイ導波路へ入射する信号光は放射を受け

る。そして、アレイ導波路へ入射する信号光の一部が、コア間の隙間から散逸してしまう。しかしながら、この実施の形態1の光導波回路においては、アレイ導波路103の隣接したコア103a間に、このコア103aと同一の材料を埋設して埋設層120を配置した。加えて、埋設層120は、入力側スラブ導波路102との接続点から離れるほど薄くなるように形成したので、入力側スラブ導波路102とアレイ導波路103の接続部では、電磁界分布が徐々に変化する。

【0016】このように、埋設層120により電磁界分布が徐々に変化するのので、この実施の形態1の光導波路においては、入力側スラブ導波路102を伝搬してきた光は、アレイ導波路103との接続部で放射されることなくアレイ導波路103に入射される。この結果、この実施の形態では、アレイ導波路103に低損失化を実現できる。また、アレイ導波路103内を伝搬してきた信号光が、入力側スラブ導波路102（もしくは出力側スラブ導波路104）に入射される場合でも、上述と同様に低損失化を実現することができる。

【0017】次に、上述したこの実施の形態1の光導波回路の製造方法に関して簡単に説明する。はじめに、原料としてSiCl₄などを用いた火炎加水分解反応を利用した堆積法、SiO₂などのターゲットを用いたスパッタリング法、あるいはシランなどを用いたCVD法などにより、ガラス膜を堆積して下部クラッド層106を形成する。次に、同様の堆積法によりコアを形成するためのガラス層を形成した後、公知のフォトリソグラフィ技術により、形成したガラス層上に所望の形状のレジストパターンを形成する。そして、レジストパターンをマスクとし、例えば反応性イオンエッチングによりガラス層を選択的にエッチングし、コア103aおよび入力側スラブ導波路102などの各コアを形成する。

【0018】このコア形成のとき、同時に、埋設層120も形成する。従来、上述したコア103aのパターンを形成するための反応性イオンエッチングでは、形成するパターンの寸法によらず不要な部分をすべてエッチング除去していた。このすべてエッチング除去する従来の手法に対し、この実施の形態では、レジストパターンの露光条件およびエッチングに用いるガスの種類、ガスの混合比、エッチング時のガス圧、エッチング時のプラズマ発生のための高周波電力の組み合わせによって、隣接したパターンの間隔に応じて除去するガラス層の残膜率を0から1の間で精度良く制御できることを見いだした。

【0019】例えば、図3に示すように、2種類のエッチング条件における、上述したコア103aに挟まれた領域の残膜率（正規化した高さ）は、パターンの間隔（パタンサイズ）に依存している。図3から明らかなように、パターンの間隔、すなわち、隣接したコア103aの間隔が狭いほど残膜率が高いことがわかる。以上の

ことにより、コア103aや埋設層120を形成した後、これらコア103aと埋設層120とを覆うように上部クラッド層107を形成すればよい。

【0020】ここで、上述した方法により作製したこの実施の形態1における光導波回路に関する緒次元を示すと、まず、コア103aの断面寸法は $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ 、スラブ導波路102のコアとの接続面におけるコア103aの間隔は $2.5\mu\text{m}$ であった。また、コア103aに挟まれた埋設層120の最大高さは $5.8\mu\text{m}$ であり、埋設層120の高さが0となる長さLは $600\mu\text{m}$ であり、コア103aの間隔は $100\mu\text{m}$ であった。また、コア103aと下部クラッド層106および上部クラッド層107との比屈折率の差は、 0.75% であった。

【0021】ここで、埋設層120の高さは、直線的に減衰するあるいは指数関数的に減衰するスロープを有する。このスロープが直線的に減衰する場合は、スロープの傾斜角度を θ とすると、 $0.25^\circ \leq \theta \leq 2.0^\circ$ となっていればよい。また、スロープが指数関数的に減衰する場合は、スロープ形状を $\exp(-\alpha L)$ とすると、 $0.001 \leq \alpha \leq 0.04$ となっていればよい。この実施の形態1の場合、スロープが指数関数的に減衰するように埋設層120を形成してあり、埋設層120のスロープ形状を規定する α は 0.004 である。

【0022】以上のように作製したこの実施の形態1の光導波路を用いてチャネル間隔 100GHz 、チャネル数32のアレイ導波路型波長合分波器を作製したところ、挿入損失は 1.3dB であり、従来の場合の挿入損失 2.8dB と比較して、挿入損失を 1.5dB 低減することができた。なお、この実施の形態1では、埋設層120はコア103aと同一材料としたが、これらは同一材料である必要はなく、アレイ導波路103への接続部分で電磁界分布が徐々に変化している状態であればよいので、次に示す屈折率範囲の他の透明材料を埋設層120に用いるようにしても良い。つまり、埋設層120の材料の屈折率範囲は、埋設層120の屈折率を n_g 、コア103aの屈折率を n_0 、下部クラッド層106および上部クラッド層107の屈折率を n_c としたとき、 $n_c < n_g \leq n_0$ を満足していればよい。

【0023】実施の形態2

次に、この発明の第2の実施の形態について説明する。この実施の形態2では、光導波回路をY分岐 1×8 スプリッタ回路に適応した場合を例にして説明する。図4に示すように、この実施の形態2では、下部クラッド401上に形成された入力導波路402の入力端から信号光が入力され、この入力された信号光はY分岐 1×8 スプリッタ回路を構成している導波路403を導波し、出力導波路404の出力端より出力される。

【0024】そして、たとえば、図4中に円で囲った領域などのY分岐の部分において、それを拡大した図5に

10

20

30

40

50

も示すように、分岐した2つのコア403aで挟まれた領域に、コア403aと同一材料から構成する埋設層420を備えるようにした。この埋設層420は、たとえば図5のBB'線の断面をみると、図6に示すように、下部クラッド401上において、分岐した2つのコア403aに挟まれて配置されている。そして、埋設層420を配置したコア403aを覆うように上部クラッド404が形成されている。

【0025】上記のコア403aは、まず、断面が $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ の正方形に形成されている。また、分岐点における2つのコア403a間は、 $2.0\mu\text{m}$ 離れている。また、埋設層420は、分岐点における高さが $5.0\mu\text{m}$ に形成され、分岐点から $500\mu\text{m}$ 離れたところで高さが0となるように形成されている。従って、前述した α は、約0.012である。また、埋設層420の高さが0となる場所では、分岐した2つのコア403aの間隔が $9\mu\text{m}$ 程度となっている。なお、コア403aと、下部クラッド401および上部クラッド404との比屈折率の差は0.75%である。

【0026】ところで、この実施の形態2におけるY分岐1個あたりの損失は次のようになる。まず、この実施の形態2における図4に示した光導波回路の挿入損失は10.3dBである。一方、Y分岐1個あたり3dBの損失による光導波回路全体の損失は9dBであり、伝搬損失および入出力ファイバとの接続損失は1dBである。従って、Y分岐1個あたり0.1dBの損失となる。したがって、従来のY分岐 1×8 スプリッタ回路のY分岐1個あたり0.8dBの損失と比較して、挿入損失を0.7dB低減することができたことになる。

【0027】ところで、この実施の形態2の光導波回路も、前述した実施の形態1の光導波回路と同様な方法で作製できる。なお、この実施の形態2においても、前述した実施の形態1と同様に、埋設層の材料はコアと同一の材料である必要はなく、埋設層の屈折率を n_g 、コアの屈折率を n_0 、下部クラッド層および上部クラッド層の屈折率を n_c としたとき、 $n_c < n_g \leq n_0$ を満足していればよい。

【0028】実施の形態3

次に、この発明の第3の実施の形態について説明する。この実施の形態3では、光導波回路を次に示すような構造とした。この光導波回路は、チャンネル数64のアレイ導波路型波長合分波回路であり、まず、アレイ導波路のコアの断面寸法は、幅 $5\mu\text{m}$ で高さ $4.5\mu\text{m}$ とした。また、スラブ導波路とアレイ導波路との接合面におけるコアの間隔は $1.0\mu\text{m}$ とした。そして、隣接したコア間に埋設層を備えるようにし、この埋設層の最大高さである接合面における高さは $4.5\mu\text{m}$ とした。また、埋設層の高さが0となる長さは、 $550\mu\text{m}$ とした。従って、前述した α は約0.01である。また、埋設層の高さが0となる場所では、隣接したコアの間隔は $8\mu\text{m}$

であった。また、この実施の形態3では、コアとクラッドの比屈折率差は1.45%とした。なお、基本的な構成は、図1(a)、(b)、(c)および図2に示した実施の形態1の構成とほぼ同様である。

【0029】そして、この実施の形態3の光導波回路でも、前述した実施の形態1、2と同様に作製できる。この作製方法に関して簡単に説明する。まず、原料としてSiCl₄などを用いた火炎加水分解反応を利用した堆積法、SiO₂などのターゲットを用いたスパッタリング法、あるいはシランなどを用いたCVD法などにより、ガラス層を形成し、公知のフォトリソグラフィ技術により形成したガラス層上に所望の形状のレジストパターンを形成する。そして、レジストパターンをマスクとし、例えば反応性イオンエッチングによりガラス層を選択的にエッチングし、コアを形成する。このコアを形成した後、上述のいずれかの手法により、形成したコアを埋め込むように上部のクラッドを形成すればよい。以上のようにして作製したこの実施の形態3の光導波回路では、挿入損失が2.5dBであった。従来の手法で作製したときの挿入損失が4.5dBなので、この実施の形態3によれば、2.0dBの改善ができたことになる。

【0030】実施の形態4

次に、この発明の第4の実施の形態について説明する。この実施の形態4においては、チャンネル間隔200GHzでチャンネル数16のアレイ導波路型波長合分波回路を例にして説明する。この実施の形態4では、光導波回路を次に示すような構造とした。まず、アレイ導波路のコアの断面寸法は、幅 $6\mu\text{m}$ で高さ $6\mu\text{m}$ とした。また、スラブ導波路とアレイ導波路との接合面におけるコアの間隔は $1.5\mu\text{m}$ とした。そして、アレイ導波路との接合面から隣接したコア間に埋設層を備えるようにし、埋設層の最大高さである接合面における高さは $6.0\mu\text{m}$ とした。そして、埋設層の高さが0となる長さは、 $750\mu\text{m}$ とした。なお、基本的な構成は、図1(a)、(c)および図2に示した実施の形態1と同様である。

【0031】また、この実施の形態4では、図7に示すように、基板701上に形成された下部クラッド702上で、スラブ導波路のコア703から始まる埋設層704の高さが、直線的に減衰する形状とした。なお、埋設層704のスロープ傾斜角度 θ は、 0.46° となる。なお、図7は、図1におけるAA'線の断面を示した状態であり、アレイ導波路のコアは示されていない。また、埋設層704の高さが0となる場所では、アレイ導波路の隣接したコアの間隔は $11\mu\text{m}$ である。また、この実施の形態4では、図7には、図示していないアレイ導波路のコアやコア703と埋設層704との比屈折率差は0.6%とした。また、コア703と下部クラッド702、上部クラッド705との比屈折率差は0.75%とした。また、下部クラッド層702と上部クラッド層705の厚さは、それぞれ $20\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ とし

た。

【0032】 上述したことに加えてこの実施の形態4では、上述した光導波回路を、透明な有機材料から構成した。この有機材料から構成した光導波路の製造方法について簡単に説明すると、まず、スピコート法などにより重水素化シリコンを塗布し、この塗膜を加熱して溶媒を除去することなどにより、基板701上に下部クラッド層702を形成する。次に、形成した下部クラッド層702上に、やはりスピコート法により重水素化シリコンからなる膜を形成し、この膜の上に、公知のフォトリソグラフィ技術により所望のレジストパターンを形成する。なお、クラッドに用いる重水素化シリコンはフッ素化を施し、このフッ素化率を変更することで、屈折率を制御することができる。

【0033】 そして、レジストパターンをマスクとし、フロロカーボン系のガスを主成分としたエッチングガスによる反応性イオンエッチングを行い、上述した膜のパターニングを行い、下部クラッド層702上にアレイ導波路のコアやスラブ導波路のコア703を形成した。このコア形成のためのドライエッチングでは、コア以外の領域はすべてエッチング除去した。

【0034】 次に、スピコート法などにより、エポキシを主成分とする紫外線硬化樹脂を下部クラッド層702上に塗布形成する。この塗布のとき、塗布する紫外線硬化樹脂の粘度などを調整することにより、すでに形成されているアレイ導波路のコア間が1.5 μm のところに形成される樹脂膜の厚さが、コアなどのパターンのない平坦部に形成される樹脂膜の厚さより2倍の膜厚となるようにした。そして、紫外線を照射して塗布した樹脂膜を硬化させた後、平坦部の樹脂膜がなくなるまで酸素をエッチングガスとした反応性イオンエッチングでエッチングすることで、コア間に埋設層704が形成された状態とした。

【0035】 そして、一部の間に埋設層704が形成されたコアの上に、重水素化シリコンを塗布することで上部クラッド層705を形成すれば、この実施の形態4の光導波回路が形成される。以上のようにして作製したこの実施の形態4の光導波回路では、挿入損失が4.6 dBであった。同様の構造を従来の手法で作製したときの挿入損失が5.6 dBなので、この実施の形態4によれば、1.0 dBの改善ができたことになる。

【0036】 ところで、上述では、クラッドやコアに用いる透明な有機材料として重水素化シリコンや紫外線硬化樹脂を用いるようにしたが、これに限るものではなく、以下に示すような構成としてもよい。まず、クラッドおよびコアには上述と同様に重水素化シリコンを用い、埋設層にも重水素化シリコンを用いるようにしてもよい。この重水素化シリコンを用いる場合においても、前述した実施の形態1と同様にして製造すればよ

い。また、透明な有機材料として、ポリメチルメタクリレートや重水素化ポリメチルメタクリレート、また、フッ素化ポリイミドを用いるようにしてもよい。フッ素化ポリイミドを用いる場合、フッ素化率を変えることで屈折率を制御できる。

【0037】

【発明の効果】 以上説明したように、この発明では、分岐型導波路を構成してかつ隣接した複数の非平行な導波路と、各隣接した導波路間に配置された埋設層とを備え、この中で、導波路はコアとこのコア周囲のクラッドとから構成され、埋設層は、隣接した導波路のコアが分岐する分岐点よりコアの間に密接して配置され、かつ、分岐点より離れて隣接した導波路のコアの間隔が広がるほど厚さが薄くなるように形成され、そして、埋設層の屈折率はクラッドの屈折率より高く、コアの屈折率は埋設層の屈折率以上であるようにした。この発明によれば、埋設層を備えてコアを構成した結果、分岐点より分岐する2つのコア間の屈折率が分岐点より徐々に減少するので、分岐点における光信号の散逸が抑制できるようになり、光の伝搬損失を低減できるという優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の本実施の形態1における光導波回路の一部構成を示す平面図(a)および断面図(b)、(c)である。

【図2】 本発明の本実施の形態1における光導波回路の全体的な構成を示す平面図である。

【図3】 本発明の本実施の形態1の製造方法における、埋設層となる材料のエッチング特性を示す特性図である。

【図4】 本発明の本実施の形態2における光導波回路の全体的な構成を示す平面図である。

【図5】 本発明の本実施の形態2における光導波回路の一部構成を示す断面図である。

【図6】 本発明の本実施の形態2における光導波回路の一部構成を示す断面図である。

【図7】 本発明の本実施の形態4における光導波回路の一部構成を示す断面図である。

【図8】 アレイ導波路型波長分波回路の構成を示す平面図である。

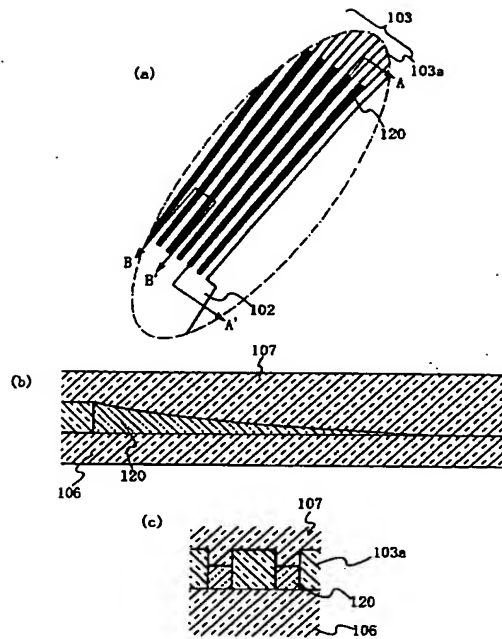
【図9】 アレイ導波路型波長分波回路の一部構成を示す平面図である。

【図10】 アレイ導波路型波長分波回路の一部構成を示す断面図である。

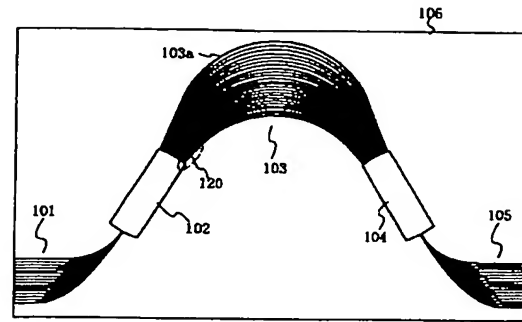
【符号の説明】

101…入力導波路、102…入力側スラブ導波路、103…アレイ導波路、103a…コア、104…出力側スラブ導波路、105…出力導波路、106…下部クラッド層、107…上部クラッド層、120…埋設層。

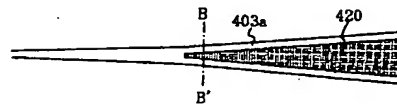
【图 1】



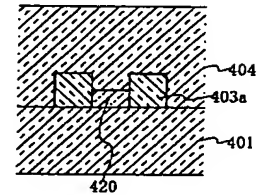
【图 2】



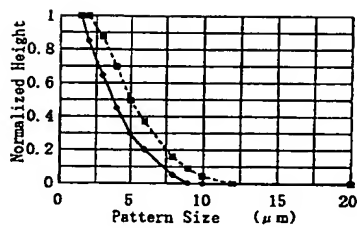
【图 5】



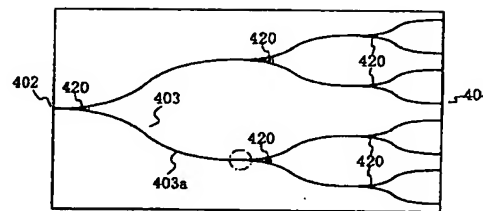
【图 6】



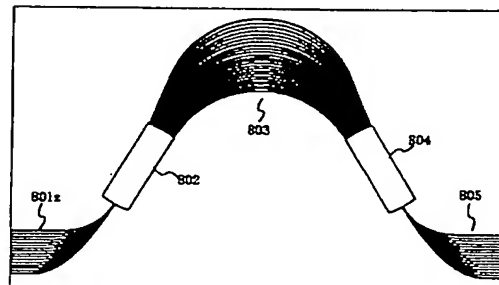
【图 3】



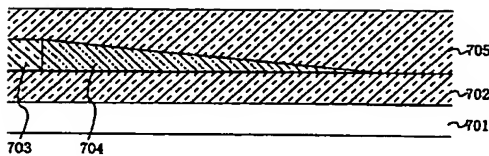
【图 4】



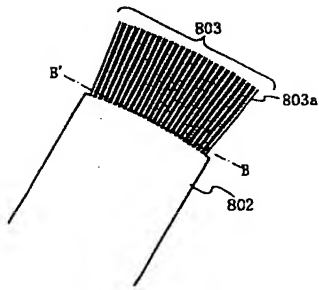
【图 8】



【图 7】



【図9】



【図10】

